

# **ОСОБЕННОСТИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УПРУГОСТИ МАТЕРИАЛОВ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ БИОГЕННОГО ГИДРОКСИАПАТИТА**

**Безымянный Ю.Г., Козирацкий Е.А., Комаров К.А., Куда А.А.,  
Отыченко О.Н., Сыч Е.Е., Товстоног А.Б.**

***Институт проблем материаловедения им. И.Н. Францевича НАН  
Украины, г. Киев, 03142, ул. Кржижановского, 3, bezimyniy@i.com.ua***

Для несущих механическую нагрузку имплантационных материалов, применяемых в ортопедии и травматологии, одним из важных показателей является соответствие модуля упругости кости и имплантата, необходимое, чтобы избежать разрушения кости в случае превышения модуля упругости имплантата или же, наоборот, разрушения имплантата, когда выше модуль упругости кости (так, для кортикальной и губчатой костных тканей в зависимости от выбранного участка модуль Юнга составляет 7-30 и 0,05-0,5 ГПа, соответственно) [1]. Поэтому определение модуля упругости является важной исследовательской частью в процессе создания имплантационных материалов.

В работе определены характеристики упругости 7 групп материалов медицинского назначения на основе биогенного гидроксиапатита (БГА), полученных по различным технологиям (табл. 1). Особенности этих материалов являются соответствующие их назначению высокие пористость и хрупкость, а особенность предоставленных образцов – разные размеры, что делает не корректным применение традиционных [2] методов измерения модулей упругости и предполагает адаптацию этих методов к указанным особенностям [3].

В образцах такой формы определение характеристик упругости и их корректное сопоставление могут быть проведены по результатам измерений скорости распространения упругой волны. Учитывая высокую пористость образцов, эту скорость измеряли на частоте 0,6 МГц методом радиоимпульса с дискретной задержкой при ударном возбуждении преобразователя и сквозном прозвучивании образцов. [3]

Минимизацию погрешностей измерений, обусловленных вариацией толщины контактного слоя и попаданием контактной смазки в материал, а так же сохранение целостности исследуемых образцов обеспечивали путём применения оригинальной методики измерений: излучаемый и приёмный преобразователи в специальной акустической камере располагали соосно с образцом и прижимали к нему через полимерную плёнку нормированной нагрузкой. При этом погрешность измерений составила 1,5 %.

Характеристики упругости, рассчитанные в соответствии с рекомендациями [4], представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Характеристики образцов и результаты измерений

Группа №	Состав	Технологические особенности получения	Пористость, %	Характеристика упругости, ГПа
1	БГА	Спекание в среде азота [5]	41,4-43,5	14,6-15,3
2	БГА+Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	Легирование магнетитом, спекание в среде азота [5]	40,6-41,1	15,6-17,2
3	БГА+Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	Легирование магнетитом, спекание в вакууме [6]	44,6-44,8	7,4-7,7
4	БГА+стекло+Fe	Спекание в воздушной среде [7]	26,0-27,0	37,7-43,6
5	БГА+ SiO <sub>2</sub>	Модифицирование высокодисперсным SiO <sub>2</sub> [8]	45,0-48,5	5,4-6,8
6	БГА	Микроволновое спекание [9]	33,0-40,4	15,5-20,1
7	БГА	Традиционное спекание [9]	35,8-40,7	11,4-18,2

Полученные результаты позволяют сделать вывод о возможности эффективного применения исследованных биоматериалов для замещения дефектов кортикальной костной ткани человека в зависимости от участка поражения.

### Список литературы

1. Уварова И.В., Горбик П.П., Горобець С.В. и др. Наноматериалы медицинского назначения / за редакцією В.В. Скорохода. – К.: «Наукова думка», 2014, 414 с.
2. Францевич И.Н., Воронов Ф.Ф., Бакута С.А. Упругие постоянные и модули упругости металлов и неметаллов. Справочник – К.: Наукова думка, 1982. – 285 с.
3. Безымянный Ю.Г. Акустическое отображение материалов с развитой мезоструктурой // Акустичний вісник. – 2006. – Т. 9, № 2. – С. 3–16.
4. Пористые проницаемые материалы: Справ. изд. / Под ред. Белова С.В. – М.: Металлургия, 1987. – 335 с.
5. Otychenko O. Biogenic Hydroxyapatite Doped with Nanomagnetite Using Condens Physico-Chemical Method / O. Otychenko, A. Parkhomeny, T. Babutina, I. Uvarova // HighMathTech–2015: abstracts of 5-th Intern. Conf. – Kyiv, 2015. – P. 204.
6. Кудя А.А. Исследование влияния нано-магнетита на свойств invitro-биоинженерного гидроксиапатита / Кудя А.А., Отиченко О.Н., Пархомей А.Р. и др. // 36. наук. праць "Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології". – 2013. – Т. 11, № 4. – С. 797-804.
7. Kuda O. Effect of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, Fe and Cu Doping on magnetic properties and behaviour in physiological solution of Biological Hydroxyapatite/Glass Composites / O. Kuda, N. Pinchuk, L. Ivanchenko et al. // Journal of Materials Processing Technology. – Vol. 209, Issue 4. – 2009. – P. 1960-1964.
8. Sych E.E. Effect of pyrogenic silicon dioxide on the structure and properties of hydroxyapatite based bioceramics // Glass and Ceramics. – 2015. – Vol. 72, Issue 3. – P. 107-110.
9. Tovstonog G.B. The Structure and Properties of Biogenic Hydroxyapatite Ceramics: Microwave and Conventional Sintering / G.B. Tovstonog, O.E. Sych, V.V. Skorokhod // Powder Metallurgy And Metal Ceramics. – 2015. Vol. 53, Issue 9. – P. 566-573